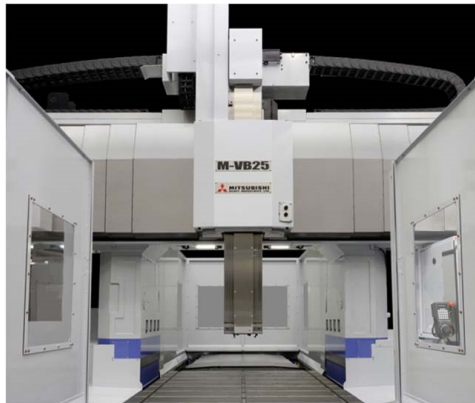
薄物5面加工に最適な クロスレール固定門形加工機 M-VB25 シリーズ

Development of Vertical Precision Milling Machine Fixed Rail Bridge Type M-VB25 Suitable for 5-face Machining Thin Products

市川 泰久 *1
Yasuhisa Ichikawa

粂 隆行 *2
Takayuki Kume

田内 拓至 *3
Hiroyuki Tauchi

松村 昭彦 *4
Akihiko Matsumura

大石 浩史 *5
Hiroshi Oishi

法山 敬一 *5
Keiichi Noriyama

厚さが 500mm 程度の薄物ワーク加工が主体の場合，クロスレール固定門形加工機は機能，コスト面から最適な選択肢となる。しかし，既存の同タイプの加工機では機械剛性の不足によりラム繰り出し時の切削能力が不十分であった。開発したクロスレール固定門形機 M-VB25 は剛性の高い強固な門形構造の実現により，大きなラム繰り出し量で高い切削能力を発揮できるようにした。また，操作性の向上，保全機能を強化したオリジナル操作盤と画面の採用に加え，省エネ推進による CO_2 排出量削減も実現している。以下に本機 M-VB25 の技術の特徴について述べる。

1. はじめに

産業機器，エネルギー，家電製品などの業界において，中小物部品の加工現場では，近年，部品の多様化，小ロット化，大形化が進み，既存のマシニングセンタではテーブルサイズや各軸ストローク量が不足するケースが増加している。これらのワークは一般的に幅や長さが 1m 以上，厚さが 500mm 以下の薄物であり，門形5面加工機を用いて加工するには設備能力が過剰となるため，機械の機能を限定することで設備投資を抑えたいというニーズが高まっている。

当社は，このような市場のニーズに応える切削能力を持つクロスレール固定門形加工機“M-VB25”を開発した。表1にその主な仕様を示す。本機では，オペレータの若返りが進むことに対する解決策として機械操作性を向上，また，環境負荷低減のため CO_2 排出量削減を実現した。以下に M-VB25 の特徴を紹介する。

表1 M-VB25 の仕様

テーブル	作業面	幅	mm	1 500
		長さ	mm	3 000
	積載質量		ton/m	12/3.0
コラム門幅			mm	2 050
ワーク通過高さ			mm	1200
主軸	ラムの大きさ		mm	□350
	主軸回転速度		min^{-1}	6 000
主軸電動機出力(連続)			kW	22/30(低速/高速)
ATC 工具本数			本	50

*1 機械・設備システムドメイン工作機械事業部技術部
*2 機械・設備システムドメイン工作機械事業部技術部 主席技師
*3 機械・設備システムドメイン工作機械事業部技術部 上席主任
*4 機械・設備システムドメイン工作機械事業部技術部 課長
*5 機械・設備システムドメイン工作機械事業部技術部 主席チーム統括

2. M-VB25 の高剛性化技術と切削能力

当社 MVR-Eχに代表されるクロスレール可動(クロスレール昇降のW軸有り)の門形5面加工機では，加工するワークの厚さ(高さ)に応じてクロスレール(W軸)が昇降できるため，ワーク形状に応じた最短のラム(Z軸)繰り出し量を設定し，効率よく加工できるのが特徴である。しかし，本機M-VB25 に代表されるクロスレール固定(クロスレール昇降のW軸無し)の3軸門形加工機では，ラム繰り出しのみでワークを加工する必要があるため，薄いワークを加工する際には，昇降軸の有る機械に比べてラム繰り出し量が大きくなり，十分な切削能力が得られないという問題があった。そこで，ラム繰り出し時でも十分な切削能力を確保できるように，機械の高剛性化を実現する門形構造へと改良することにより，優れたコストパフォーマンスの加工機を製品化した。

2.1 高剛性化技術

ラム繰り出し時の切削能力を高めるため，従来のFEM解析に加えて最新の構造最適化技術を活用し，鋳物構造体内部のリブ形状，厚さ，配置を最適化することで動剛性も高い強固な門形構造へと改良した。図1に門形機の構造解析の例を示す。最新の構造解析ではコラム内部の最適なリブ構造を求めることが可能である。また，M-VB25 では結合部の剛性を高めるため，コラムとブリッジを一体とした鋳物構造を採用した。図2に M-VB25 の鋳物構造写真を示す。さらに主要構造体にはすべて減衰性能に優れた鋳鉄を採用し，振動に強く剛性の高い構造体を実現した。これらの高剛性化技術により，立・横主軸共に大きなラム繰り出しで従来比 1.4 倍の高い切削能力を実現した。

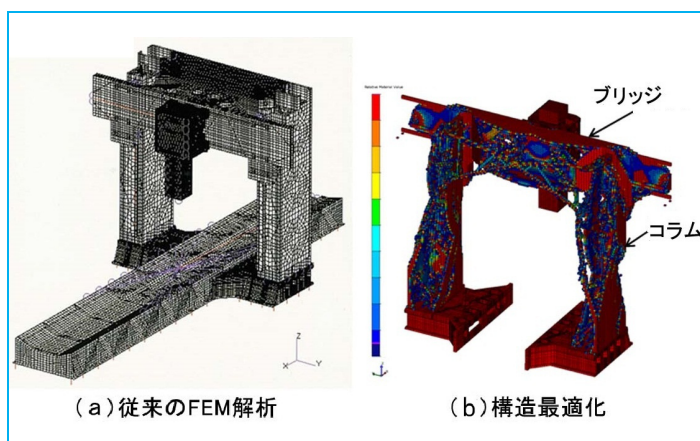



図1 門形機の構造解析例

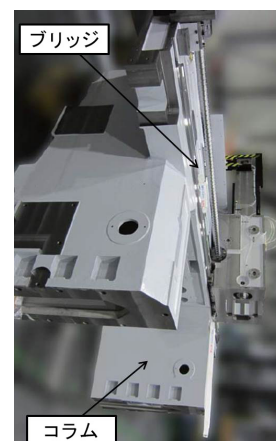



図2 一体型のブリッジとコラム

2.2 切削能力

産業機器等に用いられる一般構造用圧延鋼材 SS400 のテストピースを用いた加工事例を紹介する。本機では立軸フライスではラム繰り出し量 919mm，横軸フライス(ライトアングルヘッド)ではラム繰り出し 631mm で5mm 切込の重切削加工が可能である。大きなラム繰り出しで上位機種MVR-Eχと比較して遜色の無い切削能力が得られている。図3及び表2にフライス，エンドミルでの加工事例を示す。

表2 M-VB25 切削能力

機種	立/横	材質	工具	主軸回転数 rpm	切削速度 m/min	切削幅 mm	切込み深さ mm	送り速度 mm/min	切削量 cc	ラム繰り出し mm
M-VB25	立軸	SS400	φ160 正面フライス	420	211	130	5	1100	715	919
			φ63 エンドミル	500	99	25	35	300	263	906
	横軸		φ160 正面フライス	420	211	130	5	1100	715	631
			φ63 エンドミル	500	99	25	35	300	263	708
MVR-Eχ	立軸	SS400	φ160 正面フライス	420	211	130	5	1100	715	800
	横軸		φ160 正面フライス	420	211	130	4	1100	572	800

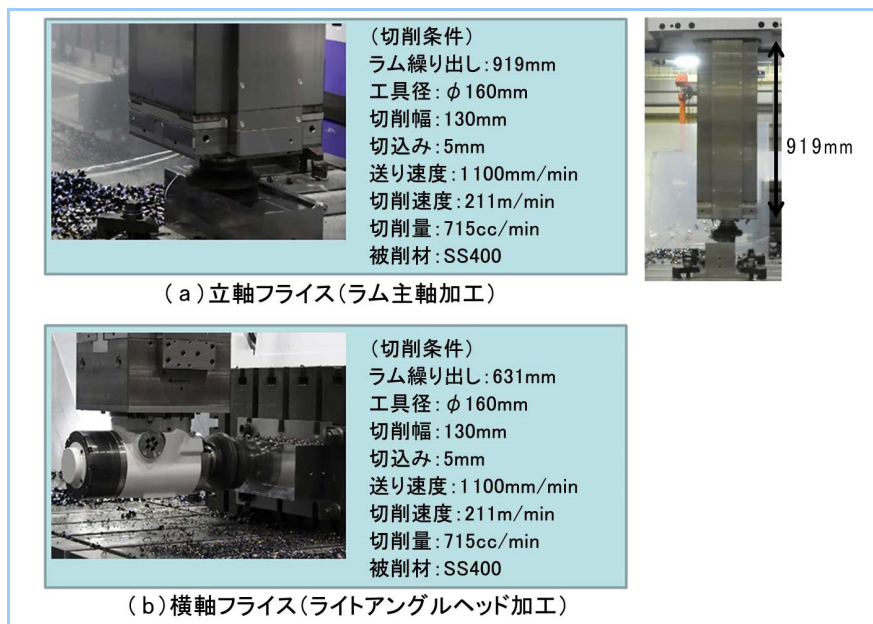



図3　フライス加工

3. 機械の操作性向上と保全機能強化

加工現場では熟練技能者の減少によってオペレータの若返りが進んでいる。また，機械の高性能化に伴い，機械操作や復旧方法が複雑になってきている。こうした背景から，操作に習熟を必要としない機械に対するニーズが高まってきた。以下にお客様のご要望を示す。

・タッチパネルなどで直感的で単純に操作が可能な操作盤，画面

・小ロットのワーク加工において，自動加工中の手動介入が容易な操作盤，画面

・お客様でも容易に復旧可能な保全機能の拡充

3.1 操作性向上

お客様の要望を反映し，人間工学に基づいて開発した当社独自の操作盤及び操作画面を図4に示す。従来機に比べて単純，直感的な操作ができるようになったことでオペレータの誤操作防止，入力作業等の非加工時間の短縮が可能となった。

図4　操作盤及び操作画面

開発した操作盤，画面の特徴を以下に示す。

(1) 見易さの向上

・10.4 インチから 15 インチへの操作画面サイズの拡大

・操作画面のフォント及び配色の最適化による文字の視認性向上

(2) 手動操作の容易化

・NC 独自のキー配列からパソコンと同じ QWERTY キー配列へ変更

・機械操作時の作業者姿勢を考慮し，最適な高さ・位置に軸選択スイッチとオーバライドスイッチを配置

(3) 使い易さの向上

・1 画面 1 表示から 1 画面複数表示（座標，プログラム，機械固有情報等）へ変更

・画面表示情報のカスタマイズ機能の追加（表示情報の選択等）

3.2 保全機能強化

機械の高度化に伴い，アラーム発生時の復旧等の保全機能についても操作の容易化が求められてきた。図5に従来機とM-VB25 のアラーム表示画面の比較を示す。従来機では文字のみのアラーム内容表示としていたが，M-VB25 では機械の3D鳥瞰図，アラーム発生箇所のハイライト表示等を行うことで，アラーム発生内容・原因・処置方法の見える化を実現した。

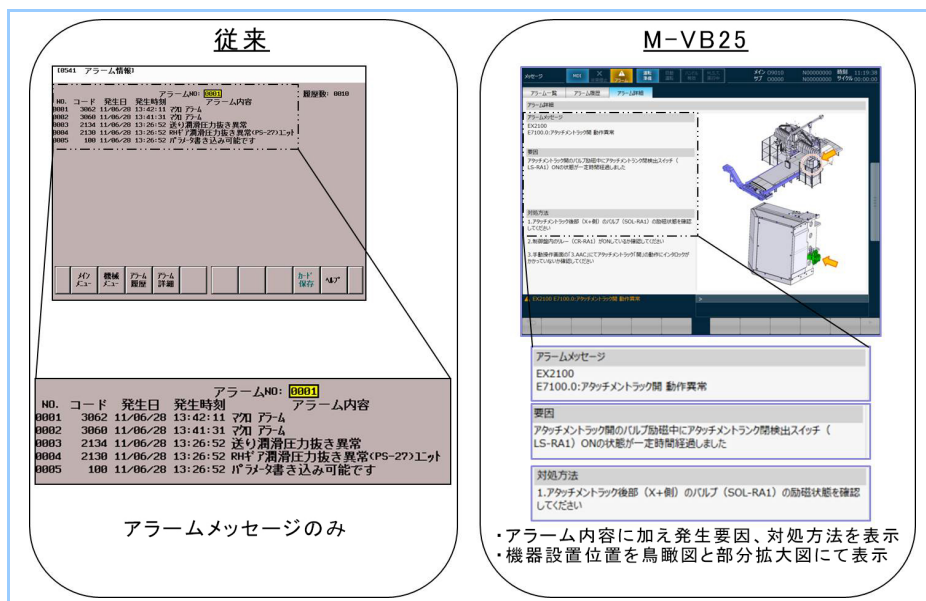



図5 従来機とM-VB25 のアラーム表示画面の比較（復旧容易化）

また，本機ではアラーム復旧の容易化を図っており，図6に従来機とM-VB25 の復旧画面の比較を示す。従来機では取扱説明書を見ながら単独Mコード注）操作での復旧のため，操作手順の確認や復旧に時間を要していた。M-VB25 では，操作画面内に復旧対象機器のアクチュエータやインターロックの状況を表示するともに復旧手順を表示することで，操作手順確認を不要とし迅速な復旧作業を可能とした。

注）Mコード： 工作機械の補助動作を指令する M に続く 2～3 桁の数字

図6 従来機とM-VB25 の復旧画面の比較（復旧手順）

4. 機械の消費電力削減(省エネ)

産業界では省エネ法に基づくエネルギー消費効率向上に対する各種取組が強化され，工作機械等の生産財に対する消費電力削減(省エネ)のニーズが高まっている。ワーク加工時に消費されるエネルギーはワークの材料や工具の種類等の切削条件で決まるため，工作機械の省エネでは機械稼働時の各機器の高効率化が重要になる。

図7に工作機械の省エネ対策方法，図8に従来機の電力消費例を示す。エネルギー消費が最も高い主軸・送りモータには最新の数値制御(NC)技術や高効率モータを採用，オイルクーラや各種ポンプ類についてもトップランナー方式の規制に対応した高効率機器を採用することで消費電力削減を図った。

加工中に定常的に電力を消費する油圧モータ，潤滑機器，オイルクーラに対しては，主軸の温度状態や機械の稼働状況を監視し，自動的に油圧，潤滑，冷却の運転を停止するアイドリングストップ機能を開発し，M-VB25 に搭載することで，従来機に比べ10%の省エネを達成した。

・最新 NC 技術，高効率モータを採用
　(当社比3%消費電力削減)
・油圧ユニット，オイルクーラ，潤滑機器のアイドリングストップ機能を搭載
　(当社比7%消費電力削減)

さらに，工具交換やアタッチメント割出の動作を見直し，動作時間の短縮を図ることで全加工時間を約 10%低減することを可能にし，固定消費エネルギー削減を図った。

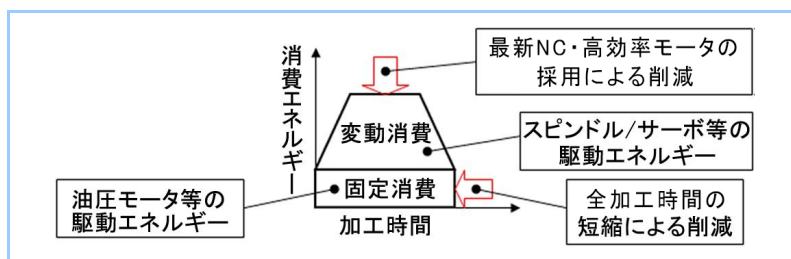



図7　工作機械の省エネ対策方法

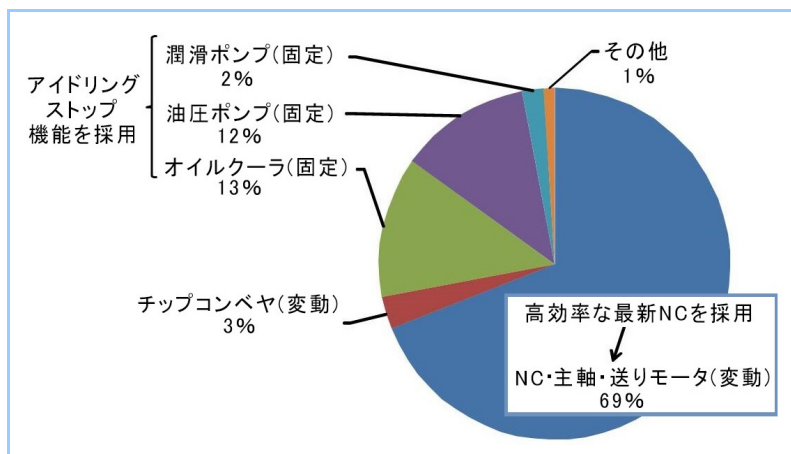



図8　従来機の消費電力(一例)

5. まとめ

新開発のM-VB25では構造最適化技術の適用及びコラムとブリッジの一体化により，高剛性化を図り，大きなラム繰り出しで従来比 1.4 倍の高い切削能力を実現した。同時に，操作性向上と復旧容易化等の保全機能の強化により，非加工時間の短縮を可能とした。また，機械動作の見直しやアイドリングストップ機能の追加により当社比で 10%の省エネを達成した。